

# 夏の暑さが電気転てつ機に与える影響と対策



**押味 良和**  
Yoshikazu Oshimi  
信号技術研究部  
信号システム研究室  
副主任研究員



**流王 智子**  
Satoko Ryuo  
情報通信技術研究部  
通信ネットワーク研究室  
副主任研究員



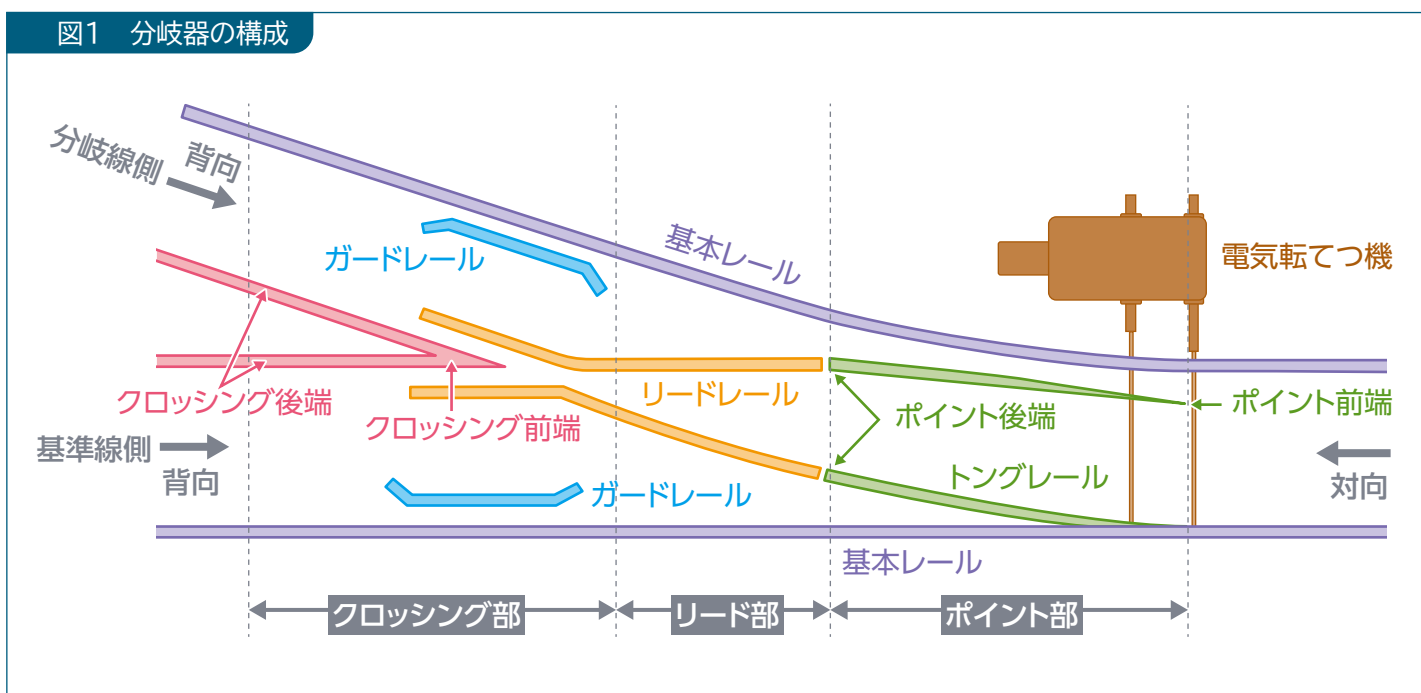
**五十嵐 義信**  
Yoshinobu Igarashi  
元 信号・情報技術研究部  
信号システム研究室  
主任研究員(上級)  
(現 鉄道技術推進センター企画 主査(上級))

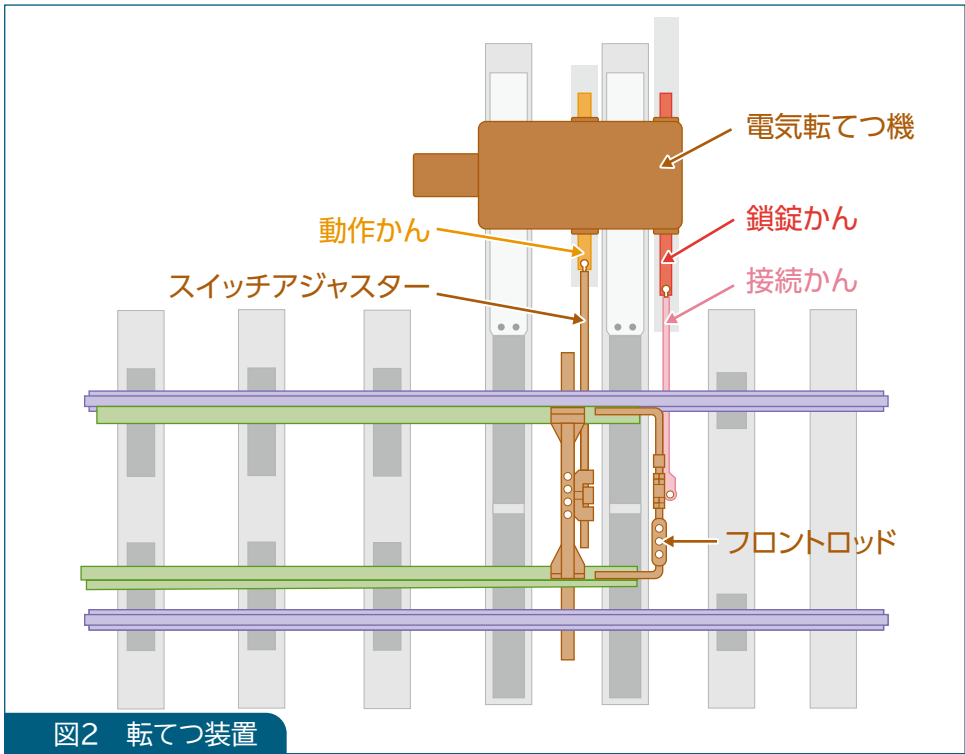
## はじめに

列車の進行方向を制御する分岐器と転てつ装置を図1、図2に示します。具体的には、転てつ装置がトングレールなどの分岐器の可動部を定位、または反位<sup>®</sup>に動かす(転換する)ことで、通過する列車の進行方向が変わります。転てつ装置は分岐器を転換する役割のほか、分岐器の可動部を保持(鎖錠<sup>®</sup>)し、その位置をチェック(照査<sup>®</sup>)するという重要な役割があります。列車通過中に分岐器の可動部が動くと脱線事故に至るため、いったん転換した後は、その状態を

保持する必要があります。また、照査により分岐器の可動部が定位、反位の所定の位置にあるかチェックすることで、所定の位置にない場合には分岐器の転換が完了していないことを検知できます。例えば、列車の運行に支障する一定以上の大きさの石や雪などが挟まっていることを検知できるなど、安全の確保において重要な役割を果たしています。そこで、ここでは、転てつ装置を原因とした夏に発生しやすい輸送障害の分析と、その低減に向けた鉄道総研における取り組みについて紹介します。

図1 分岐器の構成





### 分岐器の定位, 反位

一般的には、常時開通している方向や状態を定位、その逆側のあまり使われない側に開通している方向、状態を反位といいます。

### 鎖錠と照査

転てつ装置の「鎖錠」は、分岐器の可動部を固定することを指します。また、「照査」は開通方向や鎖錠状態のチェックを行うことを指します。電気転てつ機の内部にはこの鎖錠と照査を行うための機構が備えられています。

### 信号機を「停止」の状態にする

実際には、通常、停止(赤)の信号機を進行(青)にしないことを示しています。

図2 転てつ装置

## 電気転てつ機による転換不能チェック

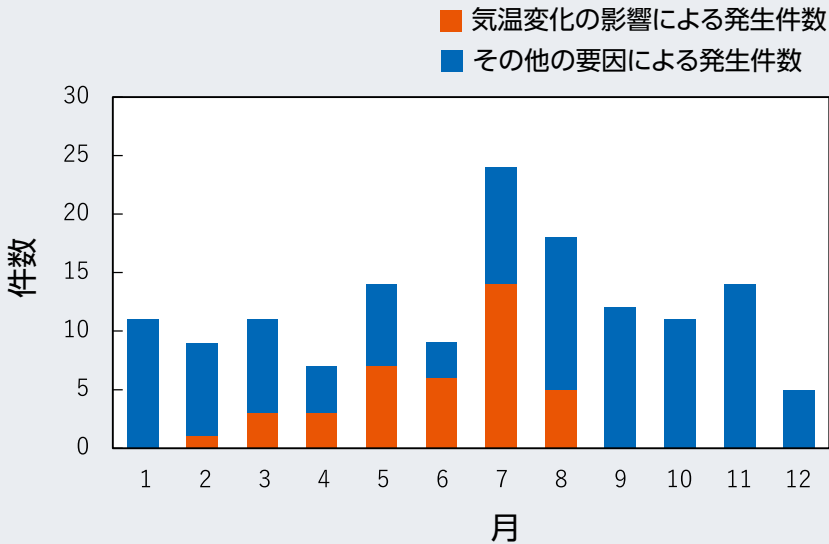
分岐器と転てつ装置の動作が正常に終了しない状態のことを「転換不能」とよびます。電気転てつ機は転換不能であることを照査して、連動装置などの上位の信号装置にその状態を伝えます。転換不能であることを伝えられた連動装置は、関係する信号機を「停止」の状態<sup>※</sup>にします。これによって、転換不能となった分岐器に列車が進入することを防ぎ、安全を確保します。しかし、転換不能の解消は保守員の作業を必要とすることが多く、時間を要します。そのため、転換不能は輸送障害の一因となっています。

## 夏に発生しやすい転換不能

2001年10月から2021年3月までに発生した転てつ装置を原因とする30分以上の遅延を伴う輸送障害の月別件数を図3に示します。夏場の発生件数が多い傾向にあり、

7月が24件ともっとも多く、12月が5件でもっとも少ない結果となっています。このうち、気温変化の影響によるものが、特に夏場において多く、7月には14件発生しており、発生件数の約60%を占めています。

図3 転換鎖錠装置に関連する輸送障害



※件数は鉄道技術推進センターの鉄道安全データベースから集計

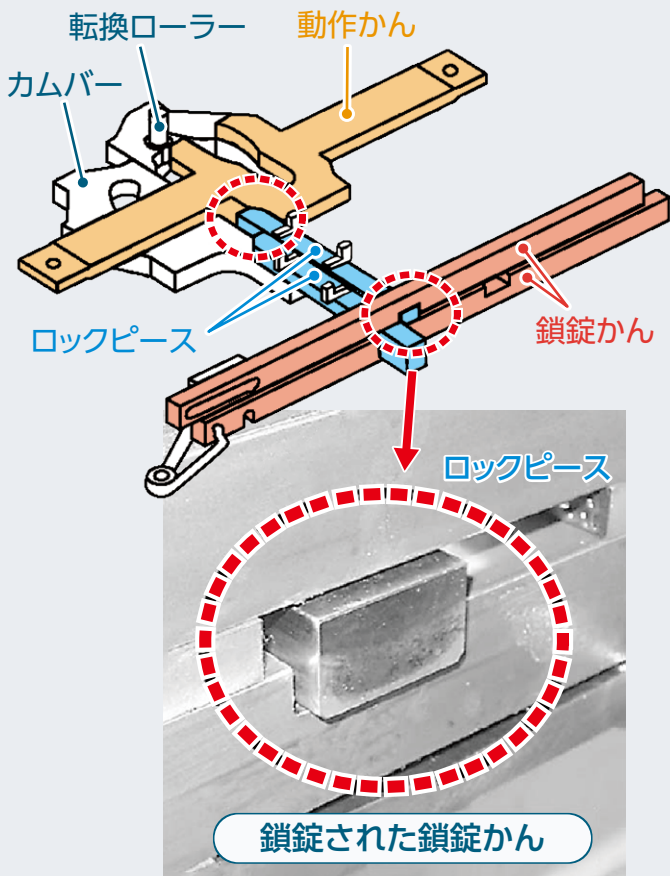
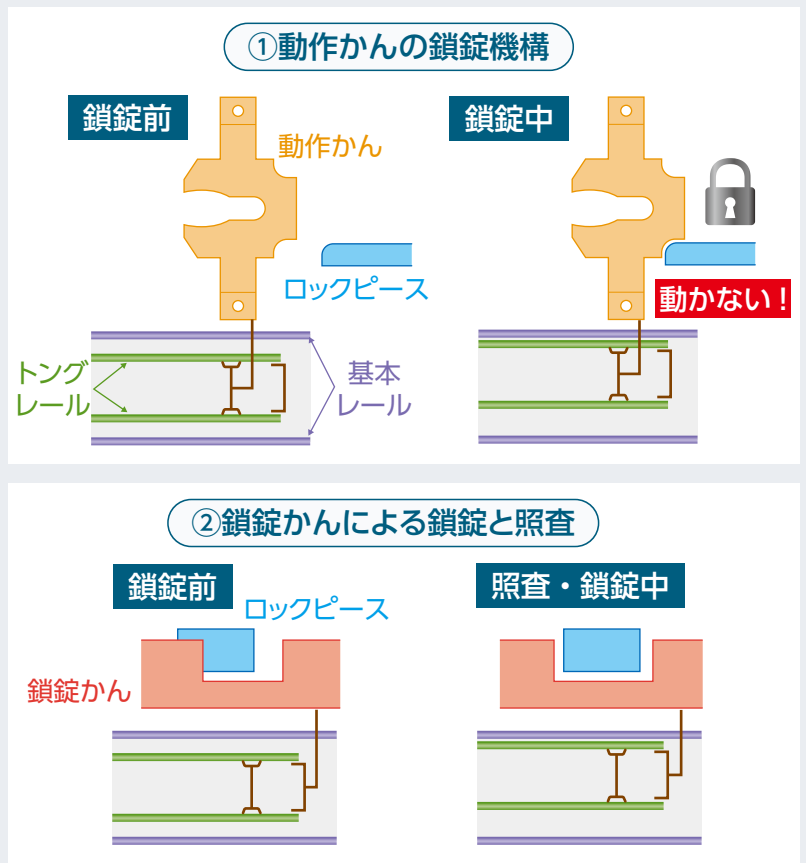


図4 転てつ機の鎖錠機構



## 電気転てつ機の鎖錠機構とロック狂い

電気を動力源とした転てつ機を電気転てつ機とよびます。この電気転てつ機の鎖錠機構を図4に示します。電気転てつ機は、図4のような機械的なしくみで鎖錠と照査を実現しており、ロックピースは動作かんの位置を固定する主の鎖錠機能を担っています。鎖錠かんの切り欠きにロックピースを挿入する機構は、鎖錠と照査の機能を担う機構の1つです。

### ☞ ロック狂い

分岐器付近は、レールや転てつ装置の部材が複雑に配置されていることによるバラストの突き固め不足やレールのふく進などの影響を受けて鎖錠かんが動き、切り欠きの位置が変化することがあります。また、分岐器を構成するレールや転てつ装置は金属製のため、気温変化や日射により部材の温度が変化すると各部材は伸縮します。この影響により、鎖錠かんの切り欠きの位置が変化することもあります。このように鎖錠かんの位置変化によって相対的にロックピースの位置がズれることをロック狂いとよびます。また、ロック偏移とよぶ場合もあります。

鎖錠かんの位置を調整して、切り欠きとロックピースの位置関係を調整する作業をロック調整とよびます。ロック調整と確認作業の様子を図5に示します。一般的には、鎖錠かんの切り欠き中央にロックピースが来るように調整します。切り欠き中央にロックピースがある場合、切り欠きとロックピースとの間には、左右均等に1.5mmの隙間ができます。この状態からのズレ(以下、ロック位置の変化量)が1.5mm以下の場合には、鎖錠・照査時に鎖錠かんの切り欠きにロックピースが収まります。しかし、ロック位置の変化量が1.5mmより大きい場合には、ロックピースが鎖錠かんの切り欠きに収まらず、鎖錠・照査が完了しないため転換不能になります。この状態をロック狂い<sup>☞</sup>とよびます。

そこで、ロックを適切な位置に維持するため、定期的にロック位置の確認やロック調整を行う必要があります。しかし、多くの場所ではこれらは列車が運行していない夜間にしかできません。



ロックの調整作業

ロックの確認作業

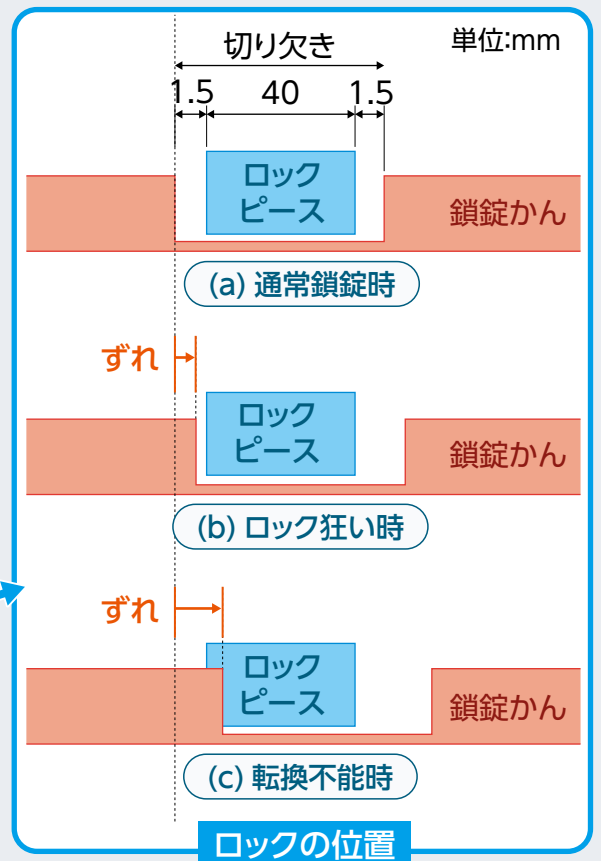


図5 ロック調整と確認

## 電気転てつ機のロック狂いを予測する技術の開発

ロック位置の変化量と気温の関係性として、経験的に昼夜の気温差が大きい日に、その変化量が大きくなることが知られています。特に、夏は夜間にロック調整をしても昼間には日射を受けてレールを含む各部材が高温になり、部材の伸びやトングレールのふく進などが発生しやすく、その影響でロック位置が変化します。

### ☞ ふく進

レールが、レールとまくらぎなどのレール支持構造、または、まくらぎとバラスト道床の間でレール長手方向に移動すること。

### ☞ 転てつ機モニター装置

この装置は、鎖錠かんに設置したセンサーにより、現在のロック位置を保守区においてリアルタイムで確認できます。また、ロック位置データを記録する機能を備えています。記録しているロック位置のデータは、ロックピースの中心部の位置であり、それが鎖錠かんの切り欠き中心部にあるときを0mmとしています。

これが、夏にロック狂いによる転換不能が多く発生する一因となっています。

そこで、夏に発生しやすい転換不能を減らすための鉄道総研における取り組みとして、気象情報を基にロック位置の変化を予測する手法とレールおよび転てつ装置の部材温度の変化からロック位置の変化量を計算するモデルの2つを紹介します。

## 気象情報に基づくロック位置の予測<sup>1)</sup>

近年、夜間作業時だけでなく、列車運行中もリアルタイムでロック位置を確認できる、転てつ機モニター装置を導入している事業者もあります。しかし、今後のロック位置の変化を予測する機能は備わっていない状況です。そこで、ロックの位置と気象情報の関係を求め、気象情報から将来のロック位置を予測する手法を開発しました。

ある転てつ機のロック位置データとその転て

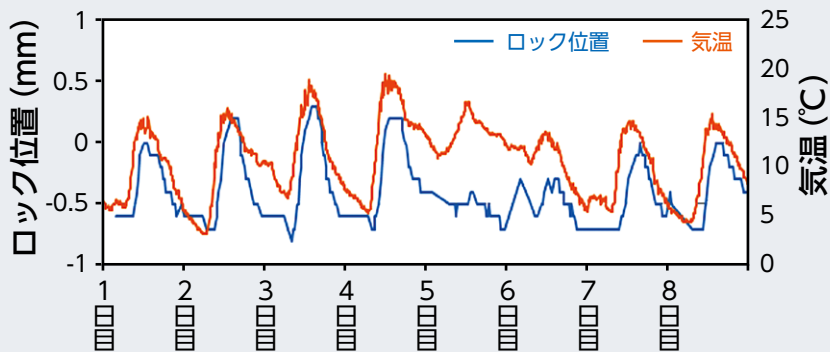


図6 ロック位置と気温の関係

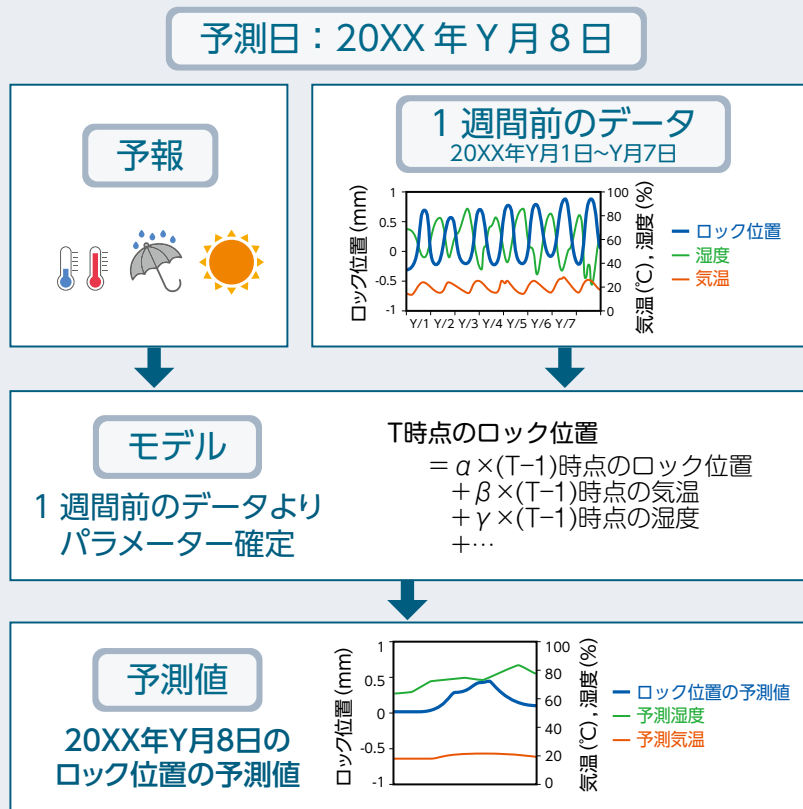


図7 ロック位置予測の流れ

### ☞ ロック位置予測

精度向上のため、雨天の日の予測に関しては、過去2か月程度遡って降雨が観測された日のデータを基にモデルの構築を行いました。

### ☞ 温度変化による部材の伸縮

温度変化による材料の長さの変化量 $\Delta L$ は、温度変化による各材料の厚みの変化を考慮しないものとする、式(2)で表されます。

$$\Delta L = a \times 10^{-6} \times L \times \Delta t \dots \dots \dots (2)$$

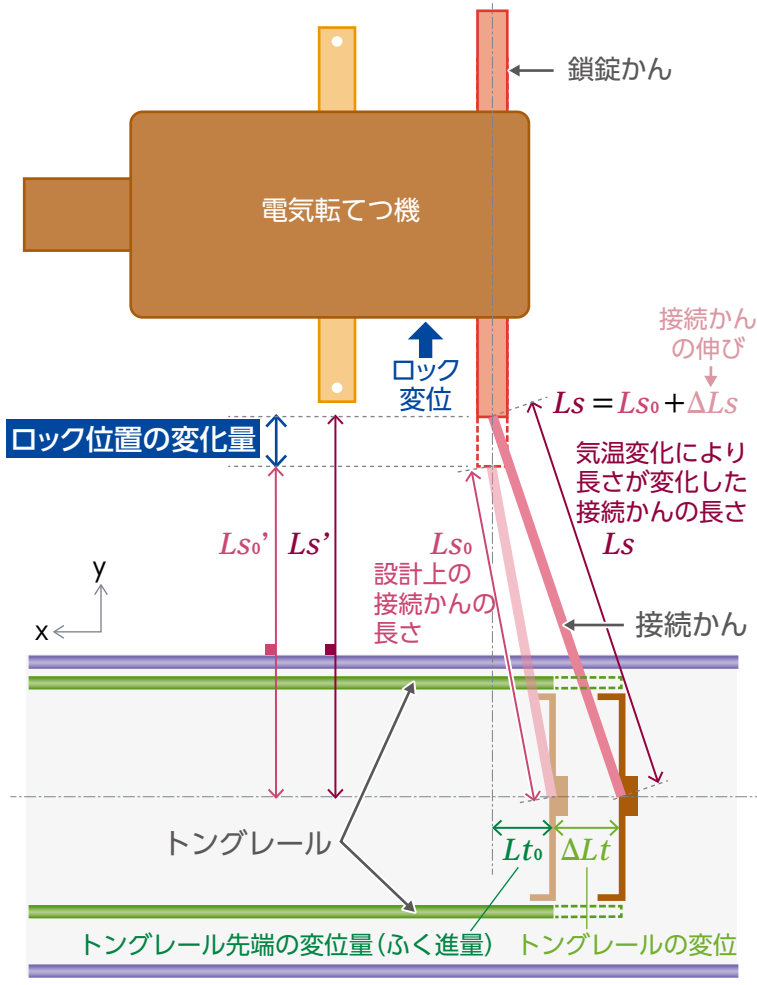
ここで、 $a$ :線膨張係数(1/K)、 $L$ :長さ(mm)、 $\Delta t$ :温度の変化量(K)です。今回は、転てつ装置を構成する接続かん、およびトングレールの材質を線膨張係数 $a=11.1$ (1/K)の炭素鋼と仮定して計算を行いました。

つ機が敷設されている駅に一番近い気象庁の観測点の気温データを図6に示します。この図からロック位置と気温の間に関連性があることがわかります。

考案したロック位置予測<sup>☞</sup>の流れを図7に示します。まず、予測日の前日から過去1週間分のロック位置データと気温と湿度のデータを用いてロック位置を予測するモデル式を作成します。このモデル式は、ある時間 $T$ のロック位置を少し前の時間のロック位置、気温、湿度から推定する式です。次に予測日の気温と湿度データを準備します。気象庁では、翌日の気象データについて、3時間ごとの値を公開しています。この気象データの値を先ほど構築したモデル式に代入してロック位置を予測します。この予測モデル式の精度を翌日の予測値と当日の実測値、それぞれの最大値の差で評価したところ、予測を行なった日数の約9割の日数を0.3mm以下という精度でロック位置の予測をすることができました<sup>2)</sup>。

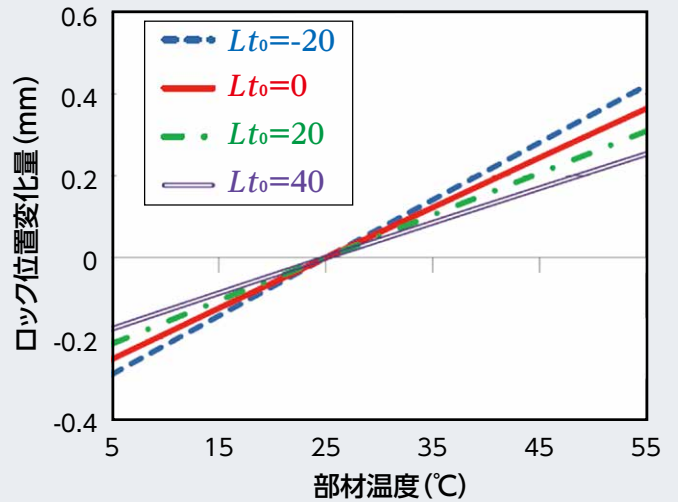
## ロック位置変化量の計算モデル<sup>3)</sup>

夏の高気温によるレールおよび転てつ装置の部材温度の変化に着目し、トングレールのふく進、温度変化による部材の伸縮<sup>☞</sup>によるロック位置の変化量を計算するモデルを構築しました。このモデルでは、接続かん、および接続かんにフロントロッドを介して接続されているトングレールの変位がロック位置の変化量に影響を及ぼすと仮定しています。これら

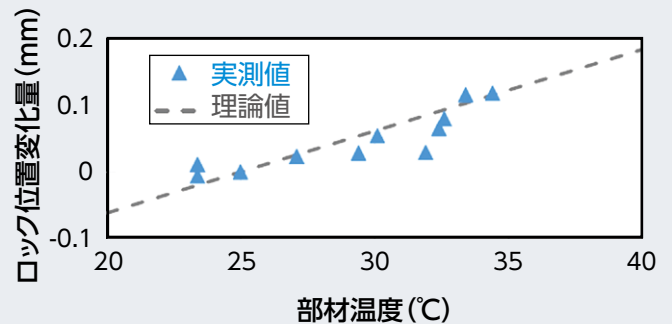


- ・添え字「'」は、レールに対して直角方向(y軸方向)の成分の大きさ
- ・ $Lt_0$ は、接続かんがy軸に対して平行である位置を0とし、x軸の正方向にトングレール先端が変位したときを $Lt_0 > 0$ とする。

図8 ロック位置変化量の計算モデル



(a) 計算モデルからの理論値



(b) 理論値と実測値の比較

図9 ロック位置変化量

の位置関係から幾何学的にロック位置の変位量を計算します。

計算モデルを図8に示します。レール長手方向をx軸とし、レールに対して直角方向をy軸とします。このとき、ロック位置の変化量は式(1)で表されます。

$$[\text{ロック位置の変化量}] = Ls' - Lso' \quad \dots (1)$$

基準温度25°Cのときの鎖錠かん切り欠きの中心位置を0mmとした場合の25°Cからの温度変化によるロック位置の変化量の計算結果を図9に示します。トングレール先端の変位量(ふく進量) $Lt_0$ が-20mm, 0mm, 20mm, 40mmの場合について計算した結果、 $Lt_0$ によって傾きが異なりますが、部材の温度変化の影響を受けていることがわかります。また、その計算結果と実物大の試験装置を用いて実測し

た値を比較し、ロック位置の変化量をおおむね再現できることを確認しました。

## おわりに

ここでは、夏の暑さが電気転てつ機のロック位置に与える影響を分析し、予測する技術開発について紹介しました。今後も転てつ装置に関する保守低減や効率的な保守作業など、転換不能の発生防止および安定輸送確保に向けた研究開発を行っていきます。RRR

## 文献

- 1) 流王智子, 五十嵐義信, 岩澤永照: 電気転てつ機のロック位置変動を予測する, RRR, Vol.73, No.2, pp.16-19, 2016
- 2) 流王智子, 川崎邦弘: 電気転てつ機のロックモニタデータによるロック位置変動の短期予測: 電気学会論文誌D(産業応用部門誌), Vol.135, No.7, pp.740-745, 2015
- 3) 北尾憲一, 五十嵐義信: 電気転てつ機が他の鉄道設備から受ける影響の検討, J-Rail2017講演論文集, 2017